



**Primeiro Registro de Ossos Pós-cranianos de Titanosauria (Sauropoda)
no Município de Alfredo Marcondes (Estado de São Paulo), Formação
Adamantina (Turoniano-Santoniano), Bacia Bauru**

First Record of Post Cranium Bones of Titanosauria (Sauropoda) from
Alfredo Marcondes, São Paulo State, Adamantina Formation
(Turonian-Santonian), Bauru Basin

Rodrigo Pinto Fernandes de Azevedo;
Carlos Roberto dos Anjos Candeiro & Lílian Paglarelli Bergqvist

*Laboratório de Macrofósseis, Departamento de Geologia/Instituto de Geociências/UFRJ. Avenida Athos da Silveira Ramos, 274
Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, bloco G, Cidade Universitária. Rio de Janeiro/RJ, Brasil*

Recebido em: 30/03/2007 Aprovado em: 27/07/2007

Resumo

Restos de dinossauros saurópodes (Titanosauria) foram coletados no município de Alfredo Marcondes/SP, em rochas do Cretáceo Superior da Formação Adamantina, Bacia Bauru. Tais fósseis compreendem um fêmur direito bastante fragmentado e um fragmento proximal de tíbia direita. O fêmur foi atribuído à família Titanosauridae pelas seguintes características: formato retilíneo; achatamento crânio-caudal; quarto trocânter levemente pronunciado medialmente, logo acima da região mediana do osso; proeminência lateral do trocânter maior na porção proximal e uma deflexão medial na porção proximal, em relação ao eixo longitudinal do corpo femural. A tíbia apresenta características semelhantes a diversos Titanosauria como a crista cnemial pouco curvada lateralmente; depressão longitudinal separando a crista cnemial do corpo tibial e uma grande dilatação crânio-caudal na região proximal. Estes fósseis representam o primeiro registro de esqueleto apendicular de dinossauros para município de Alfredo Marcondes. **Palavras-chave:** Titanosauria; Formação Adamantina; Bacia Bauru; Cretáceo Superior

Abstract

Sauropod dinosaurs (Titanosauria) remains were collected in Upper Cretaceous sandstones, at Alfredo Marcondes site, Adamantina Formation, São Paulo state. These fossils comprise a fragmentary right femur and a proximal portion of a right tibia. The femur was assigned to the family Titanosauridae on the basis of the following features: straight shape, somewhat anteroposteriorly flattened; fourth trochanter slightly medially pronounced right above of the middle part of the bone's length; a proximolateral prominence of the greater trochanter and a medial deflection of the proximal end of the femur. The tibia described here shares similar features with Titanosauria taxa like a well developed cnemial crest only slightly curved laterally; a deep longitudinal concavity separating the crest from the tibial shaft and a very anteroposteriorly expanded proximal end. These are the first fossil bones of dinosaurs recovered from Alfredo Marcondes municipality. **Keywords:** Titanosauria; Adamantina Formation; Bauru Basin; Upper Cretaceous

1 Introdução

O conteúdo de vertebrados fósseis do Cretáceo Superior da porção oeste do estado de São Paulo é caracterizado pelo registro de Osteichthyes, Dipnoi, Amphibia (Anura), Chelonia, Crocodyliformes, Lepidosauria, Mammalia e diversos achados de dinossauros Titanosauria e Theropoda (Bertini *et al.*, 1993; Candeiro, 2005). Nos últimos três anos, trabalhos de campo realizados pelo Laboratório de Macrofósseis/UFRJ, na região de Alfredo Marcondes, têm recuperado restos de vertebrados fósseis, particularmente dinossauros terópodes Abelisauridae e Carcharodontosauridae, todos representados apenas por dentes isolados (Candeiro *et al.*, 2004a, 2006), em sedimentos da Formação Adamantina. Contudo, não eram conhecidos restos de titanossaurídeos na referida região, exceto por um único dente isolado e fragmentado (Candeiro *et al.*, 2004b). O objetivo deste trabalho é descrever e registrar a ocorrência deste material no município de Alfredo Marcondes.

2 Geologia

A Bacia Bauru (Figura 1) foi formada a partir do acúmulo de sedimentos no centro-sul da Plataforma Sul-Americana, em uma depressão causada por subsidência termomecânica, provenientes das bordas alçadas da Formação Serra Geral, no Cretáceo Superior. Atualmente em erosão, essa cobertura neocretácica está compreendida em uma área de cerca de 370.000km² e espessura máxima de 300 metros (Fernandes & Coimbra, 1996). Esta foi depositada num ambiente de clima semi-árido sendo mais quente e seco em direção a porção oeste da Bacia (Fernandes, 1992; Goldberg & Garcia, 2000).

Segundo Fernandes & Coimbra (1996), a Bacia Bauru divide-se nos Grupos Caiuá e Bauru. O Grupo Caiuá compreende as formações Rio Paraná, Goio Erê e Santo Anastácio. Estas formações são pobremente fossilíferas, sendo a maioria dos fósseis representados por pegadas de Coelosauria (Leonardi,

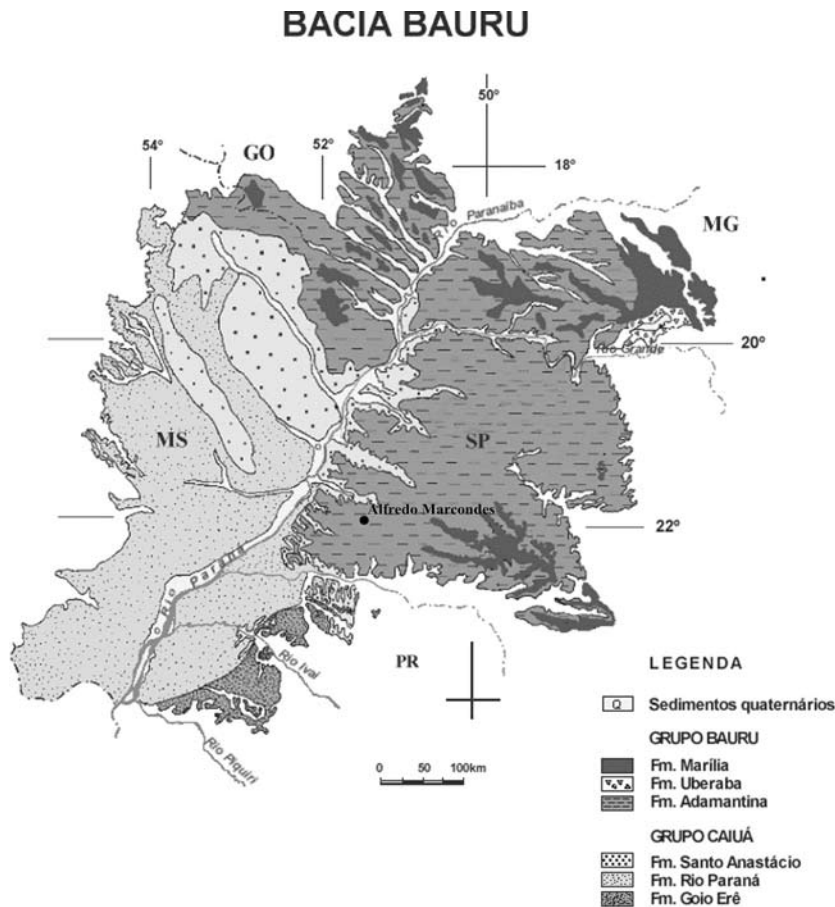


Figura 1 Mapa geológico da Bacia Bauru (modificado de Fernandes & Coimbra, 1996).

**Primeiro Registro de Ossos Pós-cranianos de Titanosauria (Sauropoda) no Município de Alfredo Marcondes (Estado de São Paulo),
Formação Adamantina (Turoniano-Santoniano), Bacia Bauru**

Rodrigo Pinto Fernandes de Azevedo; Carlos Roberto dos Anjos Candeiro & Lillian Paglarelli Bergqvist

1989). O Grupo Bauru é constituído pelas formações Adamantina, Uberaba e Marília (a qual está subdividida nos membros Echaporã, Ponte Alta e Serra da Galga). Todas as unidades litoestratigráficas do Grupo Bauru apresentam fósseis, porém, a maior parte do registro fóssilífero da Bacia provém das formações Adamantina e Marília (Fernandes & Coimbra, 1996).

A Formação Adamantina cobre uma área com mais de 100.000 km², com espessura máxima de 200 metros e aflora no extremo oeste do estado de São Paulo, na região do Triângulo Mineiro no estado de Minas Gerais, no sul do estado de Goiás, no Mato Grosso do Sul (Fernandes & Coimbra, 1996). Os sedimentos dessa unidade são compostos por argilas avermelhadas e arenito de origem flúvio-lacustre, que foram depositados num clima semi-árido a árido com períodos intercalados de chuva intensa (Suguio & Barcelos, 1983; Goldberg & Garcia, 2000). Os

arenitos são finos a muito finos podendo apresentar conglomerados basais com cimentação carbonática ou silicosa. Dispõe-se frequentemente em estratos maciços ou de acamamento plano-paralelo, alternados com camadas de estratificação cruzada de médio a pequeno porte. (Fernandes & Coimbra, 1996). A Formação Adamantina tem sido datada como Turoniano-Santoniano, com base no conteúdo de ostracódes e carófitas encontrados em sedimentos desta unidade no estado de São Paulo (Dias Brito *et al.*, 2001).

O afloramento encontra-se na fazenda do Sr. Mário Sakata, no município de Alfredo Marcondes (Figura 2) e está localizado ao redor das coordenadas 21°56'39"S e 51°22'23"W. A litologia desse afloramento é constituída por arenitos finos e avermelhados, algumas vezes conglomeráticos, com laminação plano-paralela de origem flúvio-lacustre (Candeiro *et al.*, 2004).



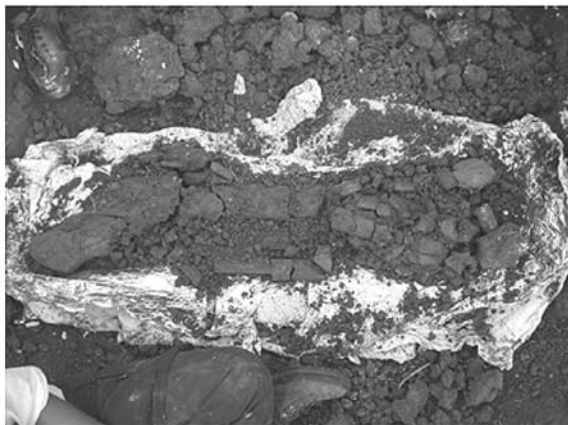
Figura 2 Afloramentos cretácicos na fazenda do Sr. Mario Sakata, no município de Alfredo Marcondes (SP). A seta da esquerda indica o ponto de onde foi coletado a tíbia e a da direita, o fêmur.

3 Material de Estudo

Os ossos aqui estudados correspondem a restos fragmentários de um fêmur direito e uma tíbia direita e foram encontrados nos afloramentos da Formação Adamantina. O fêmur em questão foi encontrado no solo, acima da camada de rochas da formação e estava altamente fragmentado pela ação das raízes das plantas (Figura 3). O processo de preparação desse material constitui-se basicamente em colar os diversos fragmentos, possibilitando assim uma caracterização segura do mesmo. Devido ao alto grau de fragmentação só foi possível reconstruir grande parte da porção caudal do osso.



A



B

Figura 3 Fóssil sendo retirado da camada de solo do afloramento de Alfredo Marcondes (A) e depois de retirado, na capa de gesso para o transporte (B).

Os dois materiais estão sendo atribuídos a indivíduos diferentes, já que não foram encontrados

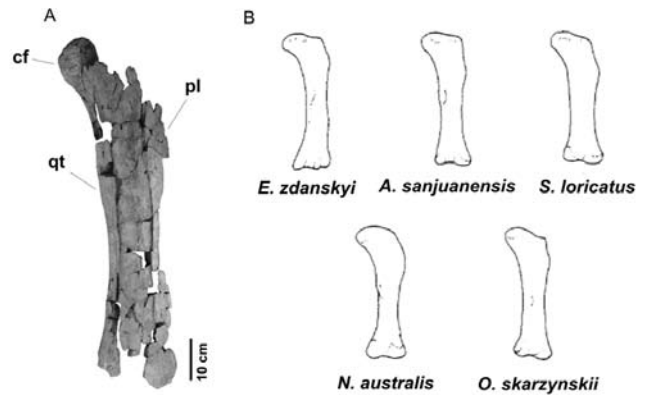


Figura 4 Fêmures direitos de Titanosauria em vista caudal. (A) UFRJ DG 327-R (escala = 10cm); (B) *Euhelopus zdanskyi* Wiman, 1929, *Alamosaurus sanjuanensis* Gilmore, 1946; Lawson, 1972, *Saltasaurus loricatus* Powell, 1992, *Neuquensaurus australis* Huene, 1929; Powell, 1986 e *Opisthocoelicaudia skarzynskii* Borsuk-Bialynicka, 1977, sem escala (retirado de Lehman & Coulson, 2002). **cf**, cabeça femoral; **pl**, protuberância lateral do trocânter maior; **qt**, quarto trocânter.

Material: UFRJ DG 326-R.

Descrição: Este exemplar corresponde apenas à

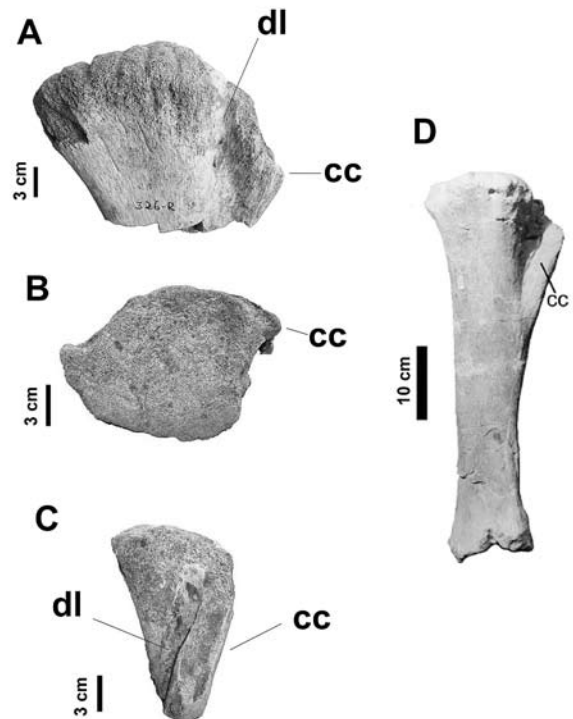


Figura 5 Tibias direitas de Titanosauria. (A-C) UFRJ DG 326-R em vistas lateral, dorsal e cranial, respectivamente; (D) *Epachthosaurus sciuttoi* Powell, 1990 em vista lateral (retirado de Martinez *et al.* 2004); **cc**, crista cnemial; **dl**, depressão longitudinal.

porção proximal da tíbia direita, sendo esta região bastante dilatada crânio-caudalmente e levemente comprimida lateralmente (Figura 5). A porção dorsal apresenta grande porosidade. A tíbia possui ainda uma crista cnemial bastante desenvolvida na porção cranial, pouco curvada lateralmente. Separando a crista cnemial do corpo tibial há uma profunda depressão longitudinal onde se articularia a fíbula.

5 Discussão e Conclusões

Ambos os espécimes (UFRJ DG 327-R e UFRJ DG 326-R) aqui descritos são representados por estruturas anatômicas pouco diagnósticas. Somado a isso, o alto grau de fragmentação do material dificulta uma melhor caracterização dos mesmos. Contudo, Salgado *et al.*, (1997) indicam a presença da protuberância lateral abaixo do trocânter maior no fêmur, como uma das sinapomorfias de Titanosauriformes. Powell (2003) apontou como uma das características que define a família Titanosauridae, o fêmur reto e achatado crânio-caudalmente. Devido à presença de tais características no exemplar UFRJ DG 327-R, este foi classificado como um Titanosauridae indet.

Como o fêmur, a tíbia apresenta poucas características diagnósticas. Além disso, o fóssil UFRJ DG 326-R está representado apenas pelo terço proximal do corpo tibial. Porém, este exemplar apresenta uma crista cnemial bastante desenvolvida e pouco curvada lateralmente na porção cranial da tíbia (Kellner & Azevedo, 1999; Martinez *et al.*, 2004), e uma profunda depressão longitudinal que acompanha toda essa região proximal, separando a crista cnemial do corpo tibial, tais estruturas também são encontradas em diversos Titanosauria.

Segundo Powell (1986, 2003), todos os saurópodes do Cretáceo Superior da América do Sul pertenceriam aos Titanosauridae. Contudo, alguns achados na Argentina (Salgado & Calvo, 1993), com vértebras caudais anfipláticas, sugerem a existência de titanossauros mais basais nesta mesma época. Assim sendo, os poucos dados fornecidos por este espécime não nos assegura identificá-lo como um Titanosauridae ou alguma família mais basal, sendo mais pertinente classificá-lo apenas como um Titanosauria indet.

Ainda que fragmentário, o fêmur nos permitiu estimar o tamanho do animal que o possuiu. Seguindo outros autores (Smith *et al.* 2001), que utilizam o comprimento de ossos longos como base para o cálculo, o comprimento longitudinal do fêmur (estimando-se as partes faltantes) foi utilizado, e com base neste concluiu-se que o Titanosauridae de Alfredo Marcondes possuía um comprimento de cerca de 8-11 metros de comprimento. Essa estimativa foi feita através da comparação do comprimento desse espécime com o de outros titanossauros Sul-Americanos: *Mendozasaurus neguyelap* González Riga, 2003, com comprimento do fêmur de 190cm e tamanho estimado do indivíduo de 18-25m (González Riga, 2005); *Rinconsaurus caudamirus* Calvo & González Riga, 2003, com comprimento do fêmur de 99cm e tamanho do indivíduo estimado em 11m (Calvo & González Riga, 2003), ambos da Argentina; e Titanosauria indet. de Peirópolis/MG, com comprimento do fêmur de 115cm e tamanho estimado do indivíduo de 11-12m (Santucci & Bertini, com. pessoal 2003).

Tais fósseis correspondem aos primeiros ossos pós-cranianos de Titanosauria encontrados no sítio de Alfredo Marcondes, já que até o momento apenas um dente havia sido registrado para esse grupo de dinossauro nessa região.

6 Agradecimentos

Agradecemos ao Dr. Walter Hartwig, da Touro University, EUA, pelo financiamento da atividade de campo que possibilitou a coleta dos fósseis. A Luis Renato R. Bernardo pela grande ajuda na reconstrução do material; à Alice F. Souza, Ana Carolina F. Bastos, Kleberon O. Porpino, Leonardo Morato, Leonardo S. Avilla, Miguel Furtado, Patricia Lemos, Rafael Junger, Thiago S. Marinho, do Laboratório de Macrofósseis e a Eric Sargis, da Yale University, EUA, por diversas contribuições ao presente trabalho. Essa pesquisa teve o apoio do CNPq, através de bolsas PIBIC e Produtividade aos autores.

7 Referências

Bertini, R.J.; Marshall, L. G.; Gayet, M. & Brito, P. 1993. Vertebrate faunas from the Adamantina and Marília formations (Upper Bauru Group,

- late Cretaceous, Brazil) in their stratigraphic and paleobiogeographic context. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen*, 188(1): 71-101.
- Bonaparte, J.F. & Coria, R.A. 1993. Un nuevo y gigantesco saurópodo titanosaurio de la Formación Río Limay (Albiense-Cenomaniense) de la Provincia del Neuquén, Argentina. *Ameghiniana*, 30: 271-282.
- Calvo, J.O. & Gonzalez Riga, B.J. 2003. *Rinconosaurus caudamirus* gen. et sp. nov., a new titanosaurid (Dinosauria, Sauropoda) from the Late Cretaceous of Patagonia, Argentina. *Revista Geológica de Chile*, 30(2): 333-353.
- Candeirol, C.R.A. 2005. Bauru Group (Late Cretaceous) vertebrates from Triângulo Mineiro region and western São Paulo state, Brazil: an introduction. *Sociedade & Natureza*, 17 (32): 27-35.
- Candeirol, C.R.A.; Abranches, C.T.; Abrantes, E.A.; Ávila, L.S.; Martins, V.C.; Moreira, A.L.; Torres, S.R. & Bergqvist L.P. 2004b. Dinosaurs Remains from Western São Paulo State, Brazil (Bauru Basin, Adamantina Formation, Upper Cretaceous). *Journal of South American Earth Sciences*, 18: 1-10.
- Candeirol, C.R.A.; Marinho, T.S. & Oliveira, E.C. 2004a. Distribuição Geográfica dos Dinossauros da Bacia Bauru (Cretáceo Superior). *Sociedade & Natureza, Uberlândia*, 16(30): 33-55.
- Candeirol, C.R.A.; Martinelli, A.G.; Ávila, L.S. & Rich, T.H. 2006. Tetrapods from the Upper Cretaceous (Turonian-Maastrichtian) Bauru Group of Brazil: a reappraisal. *Cretaceous Research*, 27: 923-946.
- Dias-Brito, D.; Musacchio, J.C.; Castro, M.S.A.; Maranhão, J.M.; Suárez, J. & Rodrigues R. 2001. Grupo Bauru: uma unidade continental do Cretáceo do Brasil – concepções baseadas em dados micropaleontológicos, isotópicos e estratigráficos. *Revue de Paléobiologie*, 20: 245-304.
- Fernandes, L.A. & Coimbra, A.M. 1996. A Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 68(2): 195-205.
- Fernandes, L.A. 1992. *A cobertura cretácea suprabasáltica no Paraná e Pontal do Paranapanema (SP): os Grupos Bauru e Caiuá*. Dissertação de Mestrado, IG-USP, 129p.
- Goldberg, K. & Garcia, A.J.V. 2000. Paleobiogeography of the Bauru Group, a dinosaur-bearing Cretaceous unit, northeastern Parana Basin, Brazil. *Cretaceous Research*, 21: 241-254.
- Gonzalez Riga, B.J. 2005. Nuevos restos fósiles de *Mendozasaurus neguyelap* (Sauropoda, Titanosauria) del Cretácico Tardío de Mendoza, Argentina. *Ameghiniana*, 42(3): 535-548.
- Kellner, A.W.A. & Azevedo, S.A.K. 1999. A New Sauropod Dinosaur (Titanosauria) from the Late Cretaceous of Brazil. *National Science Museum Monographs*, 15: 111-142.
- Lehman, T.M. & Coulson, A.B. 2002. A juvenile specimen of the sauropod dinosaur *Alamosaurus Sanjuanensis* from the Upper Cretaceous of Big Bend National Park, Texas. *Journal of Paleontology*, 76(1): 156-172.
- Leonardi, G. 1989. Inventory and statistics of the Southern American dinosaurian ichnofauna and its paleobiological interpretation. In: GILLETTE, D.D. & LOCKLEY, M.G. (eds.). *Dinosaur tracks and traces*, Cambridge University, p.165-178.
- Marsh, O. C. 1878. Principal characters of American Jurassic dinosaurs. Part 1. *American Journal of Science*, 16: 411-416.
- Martinez, R.D.; Gimenez, O.; Rodriguez, J.; Luna, M. & Lamanna, M.C. 2004. An Articulated Specimen of The Basal Titanosaurian (Dinosauria: Sauropoda) *Epachthosaurus sciuttoi* from The Early Late Cretaceous Bajo Barrell Formation of Chubut Province, Argentina. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 24(1): 107-120.
- Powell, J.E. 1986. *Revisión de los titanosauridos de America del Sur*. Tucumán. Tese de Doutorado em Paleontologia. Universidade Nacional de Tucumán, 340 p.
- Powell, J.E. 2003. Revision of South American Titanosaurid Dinosaurs: Palaeobiological, Palaeobiogeographical and Phylogenetic aspects. *Records of the Queen Victoria Museum*, 111: 173 p.
- Salgado, L. & Calvo, J.O. 1993. Report of a sauropod amphiplatyan mid-caudal vertebrae from the Late Cretaceous of Neuquén Province (Argentina). Buenos Aires: *Ameghiniana*, 30 (2): 215-218.
- Salgado, L.; Coria, R.A. & Calvo, J.O. 1997. Evolution of Titanosaurid Sauropods. I: Phylogenetic analysis based on the postcranial evidence. *Ameghiniana*, 34: 3-32.
- Seeley, H. G. 1883. On the classification of the

**Primeiro Registro de Ossos Pós-cranianos de Titanosauria (Sauropoda) no Município de Alfredo Marcondes (Estado de São Paulo),
Formação Adamantina (Turoniano-Santoniano), Bacia Bauru**
Rodrigo Pinto Fernandes de Azevedo; Carlos Roberto dos Anjos Candeiro & Lillian Paglarelli Bergqvist

fossil animals commonly called Dinosauria.
Proceedings of the Royal Society, London, 43:
165–171.

Smith, J.B.; Lamanna, M.C.; Lacovara, K.J.; Dodson, P.; Smith, J.R.; Poole, J.C.; Giegengak, R. & Attia, Y. 2001. A giant sauropod dinosaur

from an Upper Cretaceous Mangrove deposit in Egypt. *Science, 292:* 1704-1706.

Suguio, K. & Barcelos, J.H. 1983. Calcretes of the Bauru Group (Cretaceous), Brazil: Petrology and Geological Significance. *Boletim do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 14:* 31-47.